

Pola dan Kapasitas Drainase Daerah Irigasi Bantimurung Kiri

Fika Fikria¹, Mahmud Achmad¹, dan Daniel¹

Program Studi Teknik Pertanian, Universitas Hasanuddin Makassar

ABSTRAK

Irigasi yang baik dilengkapi dengan fasilitas pembuangan kelebihan air. Saluran pembuangan dirancang secara teknis untuk mampu membuang limpasan air hujan. Kecamatan Bantimurung tepatnya Desa Minasabaji, hampir setiap tahun pada bulan Januari mengalami banjir atau genangan. Oleh karena itu dibutuhkan suatu informasi kapasitas maksimum saluran pembuangan yang ada pada wilayah tersebut. Dengan pemanfaatan penginderaan jauh berupa data *Digital Elevation Model* (DEM) kita dapat menganalisis pola saluran pembuangan. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pola aliran dan kapasitas drainase. Pola aliran analisis DEM diolah menggunakan *software* GIS kemudian membandingkan dengan pola aliran hasil *survey*. Pengukuran kapasitas saluran dilakukan dengan tiga kali pengamatan banjir dan mencatat perubahan tinggi muka air (TMA) pada setiap 15 menit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kapasitas maksimum saluran pembuangan adalah 4,237 m³/s. Terdapat perbedaan pola aliran hasil analisis *flow direction*. Ketidakesesuaian antar pola DEM dengan hasil *survey* disebabkan oleh faktor lahan pertanian yaitu sawah telah mengalami perubahan, faktor DEM itu sendiri baik pada saat pengolahan DEM dan saat perekaman DEM.

Kata Kunci : *Kapasitas, Pola Aliran, DEM, Hidrograf, Limpasan.*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pembangunan jaringan irigasi merupakan usaha pengairan untuk mengatasi ketersediaan air dan kelebihan air. Dengan adanya jaringan irigasi maka ketersediaan air di lahan akan terpenuhi meskipun lahan tersebut berada jauh dari sumber air. Irigasi yang baik dilengkapi dengan fasilitas pembuangan kelebihan air. Jaringan pembuang (drainase) berfungsi membuang air berlebih dari suatu media atau lahan pertanian. Drainase diperlukan untuk mengalirkan air, baik yang berasal dari hujan maupun air kiriman dalam waktu yang singkat.

Drainase terdiri dari drainase alamiah dan buatan. Sistem drainase buatan dirancang untuk mengalirkan kelebihan air pada suatu kawasan terutama ketika musim hujan. Artinya, sistem drainase tersebut telah diperhitungkan untuk mengalirkan debit air yang terjadi. Saluran drainase yang dirancang secara teknis dalam sistem irigasi harus juga mampu menampung limpasan air hujan.

Sedangkan drainase alamiah terbentuk secara alami tanpa adanya bangunan penunjang yang terbentuk oleh gerusan air.

Pada bulan Januari 2011 Kabupaten Maros mengalami banjir tepatnya di Kecamatan Bantimurung, sebanyak 1.000 hektar sawah terancam gagal panen. Pada Januari 2013 banjir juga terjadi di empat kecamatan di Kabupaten Maros, Empat kecamatan tersebut adalah Kecamatan Turikale, Bantimurung, Lau dan Moncongloe. Selain curah hujan yang tinggi, meluapnya air sungai menjadi faktor terjadinya banjir (Amri, 2013). Berdasarkan hasil penelitian Novianti (2015) kecamatan yang memiliki tingkat acaman banjir yang tinggi yaitu Kecamatan Bontoa, Lau, Maros Baru, Marusu, Turikale, Mandai, Moncongloe, Tanralili, Tompobulu, Simbang, Bantimurung, Cenrana, dan sebagian Mallowa.

Seiring perkembangan teknologi terutama dalam penginderaan jauh, informasi tentang pola aliran alam dapat diketahui dengan menggunakan data penginderaan jauh berupa *Digital Elevation Model* (DEM) akan tetapi

untuk memperoleh hasil yang lebih akurat, observasi lapangan diperlukan. Informasi pola aliran penting berkaitan dengan penempatan fasilitas *outlet*. Elevasi fasilitas *outlet* harus ditetapkan di atas muka maksimum daerah pembuangan, sehingga tidak terjadi muka air balik pada rencana saluran drainase.

Berdasarkan uraian di atas, penelitian yang berkaitan dengan sistem drainase atau saluran pembuang di daerah irigasi Bantimurung perlu dilakukan.

Rumusan Masalah

Pada penelitian ini permasalahan dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana pola aliran air drainase daerah irigasi Bantimurung kiri ?
2. Bagaimana kapasitas saluran pembuang daerah irigasi Bantimurung kiri ?

Tujuan dan Kegunaan Penelitian

Tujuan penelitian ini yaitu untuk memetakan pola aliran air drainase selama periode musim hujan dan mengetahui kapasitas saluran pembuang.

Kegunaan penelitian ini yaitu sebagai bahan informasi kepada pihak yang membutuhkan data pola aliran air drainase di Kecamatan Bantimurung, dan sebagai bahan pertimbangan dalam membuat kebijakan perbaikan drainase.

METODOLOGI PENELITIAN

Waktu dan Tempat

Penelitian ini akan dilaksanakan pada bulan April sampai Juni 2016, di Kabupaten Maros , Kecamatan Bantimurung, Desa Minasabaji.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu *laptop*, *current meter*, meteran, patok, papan ukur, penakar hujan dan *Global Positioning System* (GPS).

Bahan yang digunakan adalah data *software GIS*, citra digital *Big Map*, *Digital Elevation Model* (DEM), dan data curah hujan harian.

Analisis Data

Dalam menganalisis data, dilakukan dengan dua cara yakni analisis data hasil pengukuran dengan menggunakan *microsoft excel* dan analisis data dengan menggunakan *software GIS* dengan metode hidrologi.

Prosedur Penelitian

1. Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan pada dua tempat. Yang pertama dilakukan pada saluran pembuangan dengan mengukur kecepatan aliran, tinggi muka air. Tempat yang kedua adalah pada lahan sawah dengan mengambil titik koordinat tiap saluran pembuangan petakan sawah.

Pengukuran pertama yang dilakukan yaitu mengukur kecepatan aliran dengan mengukur lebar saluran pembuangan dan membagi menjadi lima segmen. Mencatat hasil pengukuran di setiap segemen tersebut, pengukuran dilakukan sebanyak lima kali. Metode yang digunakan dalam menghitung besar debit adalah metode *mean section* dengan menggunakan persamaan 2.7.

Pengukuran kedua adalah mengamati perubahan tinggi muka air yang terjadi. Pengukuran ini dilakukan dengan memasang papan ukur di tengah saluran pembuangan kemudian mencatat hasilnya setiap 15 menit, ini dilakukan dari sebelum terjadinya hujan hingga hujan berhenti. Pengukuran tinggi muka air dilakukan sebanyak tiga kali dalam waktu yang berbeda.

Pengukuran ketiga adalah curah hujan harian saat penelitian dengan cara memasang alat penakar curah hujan ditempat terbuka dimana tidak terdapat pepohonan yang dapat menghalangi air masuk ke dalam penampungan air.

Setelah melakukan ketiga pengukuran tersebut, maka data tinggi muka air kemudian diolah sehingga membentuk hidrograf aliran saluran pembuangan. Untuk pengolahan titik koordinat dilakukan di *software GIS* hingga membentuk pola aliran saluran pembuangan.

2. Pengolahan Data

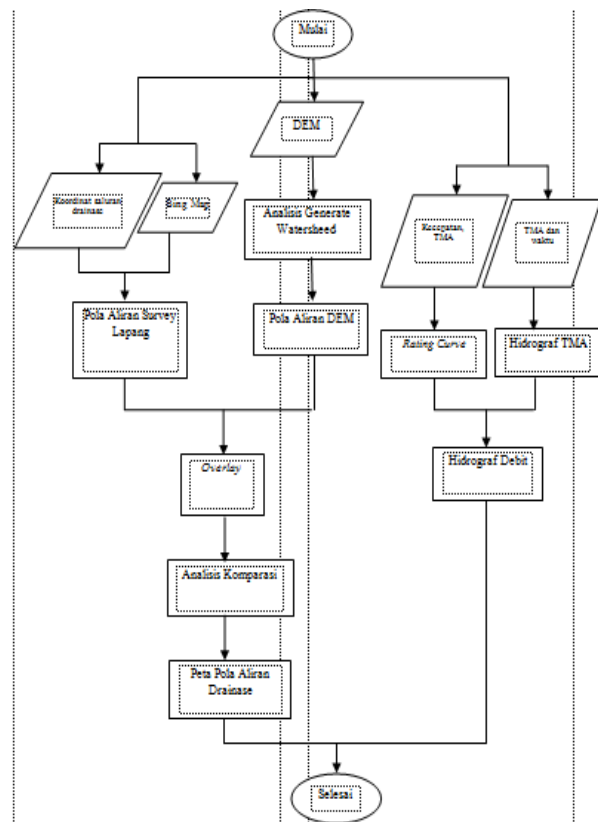
Data kecepatan aliran diolah dengan menggunakan persamaan 2.1 sehingga diperoleh debit kemudian membuat grafik hubungan antara data debit (Q) dan data tinggi muka air yang dikenal *rating curve*.

Persamaan yang dihasilkan dari *rating curve* kemudian digunakan untuk mengolah tinggi muka air menjadi debit selanjutnya membuat grafik hubungan antara debit (Q) dengan waktu (t) yang disebut hidrograf aliran.

Setelah itu dilakukan metode pemisahan antara aliran langsung dengan aliran dasar dari grafik hubungan debit dan waktu. Pemisahan aliran langsung dilakukan dengan menjumlahkan volume awal limpasan langsung yang terjadi sampai volume limpasan yang berada pada sisi turun mulai konstan. Aliran dasar diperoleh dari perkalian selisih tinggi muka air limpasan yang mulai konstan dengan awal limpasan yang terjadi dan selisih debit limpasan yang mulai konstan dengan debit awal limpasan.

Pengolahan data DEM dilakukan menggunakan analisis *generate watersheet* pada *software GIS*. Selanjutnya membatasi wilayah penelitian dan menentukan tipe pola aliran yang terbentuk. Setelah memperoleh pola aliran hasil analisis DEM dilakukan metode *overlay* yaitu teknik menggabungkan dua atau lebih data untuk memperoleh data grafis baru yang memiliki satuan pemetaan. Hasil Analisis DEM dan pola hasil *survey* kemudian di *overlay* untuk memperoleh pola saluran pembuangan.

Bagan Alir Penelitian



Gambar 1. Bagan alir Prosedur penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pola Analisis DEM

Pengolahan DEM menggunakan ASTER GDEM terbitan 7 Oktober 2011 dengan resolusi 30 m. Proses pengolahan DEM dilakukan di global mapper dengan menggunakan generated watershed. Hasil pengolahan DEM dapat dilihat pada Gambar L.6. Berdasarkan pada Gambar L.6 lampiran 8, tipe pola aliran yang terjadi adalah pola denritik. Pola denritik dicirikan oleh banyaknya aliran-aliran kecil yang berhubungan dari orde rendah ke orde tinggi. Hal ini sesuai dalam Achmad (2011) bahwa pola denritik adalah pola aliran yang tidak teratur, berbentuk seperti pohon, dimana sungai induk memperoleh aliran dari anak sungai. Jenis pola ini terdapat di daerah datar atau daerah pantai.

Pola Aliran Hasil Survey

Pengairan dilakukan dengan tujuan menciptakan lingkungan tumbuh yang baik bagi perakaran padi agar mampu berkembang dengan baik. Sistem pembuangan persawahan bertujuan mengurangi ketinggian muka air tanah sehingga padi dapat tumbuh dengan baik sesuai persyaratan hidupnya. Hal ini sejalan dengan pendapat Darlina (2009) bahwa drainase lahan pertanian adalah suatu pengoperasian sistem dimana aliran air dalam tanah diciptakan sedemikian rupa sehingga baik genangan maupun kedalaman air tanah dapat dikendalikan sehingga bermanfaat bagi kegiatan usaha tani. Hal yang sama diungkapkan oleh Kalsim (2015), drainase pertanian merupakan usaha membuang kelebihan air secara alamiah atau buatan dari permukaan tanah atau dari dalam tanah untuk menghindari pengaruh yang merugikan terhadap pertumbuhan tanaman

Tipe sawah yang diamati adalah sawah irigasi teknis, yang sumber airnya berasal dari bendung dengan volume yang terukur. Sumber air pada lokasi penelitian ada dua, yaitu bendung Batubassi dan dari Bendung Langkasa. Air yang dialirkan menuju sawah kemudian dibagikan dari petak sawah yang elevasinya lebih tinggi sampai ke petak sawah yang elevasinya lebih rendah. Kelebihan air pada petak-petak sawah selanjutnya dibuang melewati saluran pembuangan hingga berakhir di sungai.

Untuk memperoleh pola aliran secara detail pada lahan sawah maka dilakukan *survey* secara langsung di lapangan dengan mengambil titik koordinat tiap saluran pembuangan yang terdapat pada petakan sawah. Pola Aliran dihasilkan dengan sistem *plot to plot* yaitu menghubungkan titik koordinat saluran pembuangan hingga menghasilkan pola aliran. Pola aliran hasil *survey* dapat dilihat pada Gambar L.7 yang terdapat pada lampiran 8.

Pada Gambar L.7 lampiran 8 menunjukkan dua arah aliran air saluran pembuangan. Arah aliran yang pertama mengarah ke Barat menuju saluran pembuangan sekunder dan arah aliran yang kedua mengarah ke Barat menuju saluran

utama pembuangan. Pola aliran yang terbentuk yaitu pola denritik

Peta Pola Aliran Saluran Pembuangan

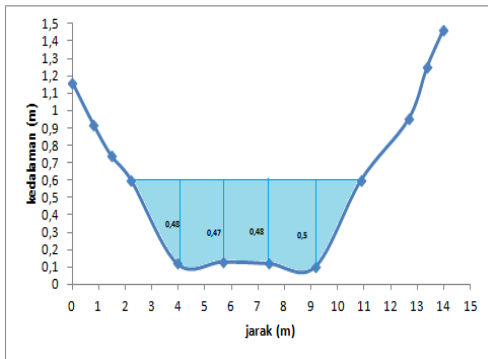
Setelah memperoleh pola aliran berdasarkan DEM dan pola aliran hasil *survey* dilanjutkan dengan membandingkan kedua pola aliran tersebut. Hasil tumpang tindih antara pola aliran DEM dan Hasil *survey* dapat dilihat pada Gambar L.8 pada lampiran 8.

Gambar L.8 menunjukkan adanya ketidaksesuaian arah aliran antara hasil pengolahan DEM dan hasil *survey*. Pada pola aliran DEM arah aliran cenderung mengarah ke utara sedangkan pola aliran *survey* arah aliran mengarah ke Barat. Penelitian Trisakti (2008) tentang “Kajian Distribusi Spasial Debit Aliran Permukaan Di Daerah Aliran Sungai (DAS) Berbasis Data Satelit Penginderaan Jauh” menyimpulkan bahwa data DEM dapat dimanfaatkan untuk pembuatan pola aliran dan batas DAS dengan tingkat akurasi yang baik dan perhitungan luas penampang piksel tiga dimensi dengan mempertimbangkan kemiringan lahan sehingga menghasilkan luasan wilayah yang sesuai dengan kondisi topografi. Kesimpulan tersebut tidak sesuai dengan hasil yang diperoleh pada penelitian ini. Ketidaksesuaian antar pola DEM dengan hasil *survey* disebabkan oleh faktor lahan pertanian yaitu sawah telah mengalami perubahan, faktor DEM itu sendiri baik pada saat pengolahan DEM dan saat perekaman DEM. Adanya proses *fill sink* pada pengolahan DEM untuk menghilangkan perbedaan elevasi dapat menyebabkan adanya ketidaksesuaian dengan pola hasil *survey*.

Profil dan Debit Saluran Pembuangan

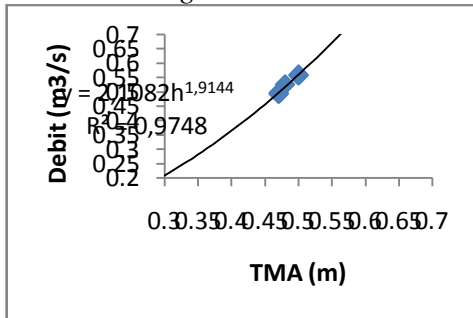
Berdasarkan hasil pengukuran, lebar saluran pembuangan tempat penelitian adalah 13,97 m dengan tinggi maksimum saluran adalah 1,44 m. Kelebihan air yang berasal dari Bendung Langkasa dan kelebihan air dari lahan pertanian terbuang ke saluran pembuangan ini. Di bawah ini merupakan

profil saluran pembuangan yang disajikan dalam Gambar 4.1.



Gambar 4.1. Profil Penampang Saluran Pembuangan

Dari pengolahan data yang telah dilakukan maka dapat dilihat grafik hubungan tinggi muka air (h) dengan debit aliran (Q) atau yang biasa disebut *rating curve* berikut



Gambar 4.2. Rating Curve

Dari Gambar 4.2 menunjukkan bahwa seiring meningkatnya tinggi muka air (h) maka debit aliran (Q) semakin bertambah. Grafik tersebut menunjukkan bahwa tinggi muka air (h) dengan debit aliran (Q) berbanding lurus dengan memiliki korelasi positif, dengan persamaan *rating curve* $Q = 2,108h^{1,9144}$ dan $R^2 = 0,9748$.

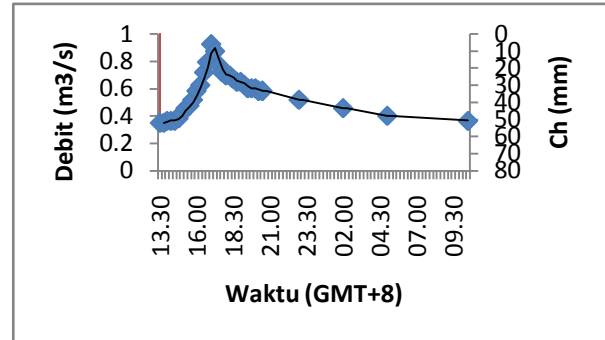
Dengan menggunakan persamaan *rating curve* maka besarnya debit maksimum yang dapat ditampung pada saluran pembuangan ini adalah $4,237 \text{ m}^3/\text{s}$.

Hidrograf

Berdasarkan data dan grafik hubungan tinggi muka air dan waktu, pada tanggal 15 April, 27 April, dan 28 April (Gambar L.2) menunjukkan adanya fluktuasi. Adanya perbedaan tinggi muka air puncak dipengaruhi oleh besar curah hujan harian yang turun. Besarnya curah hujan yang turun

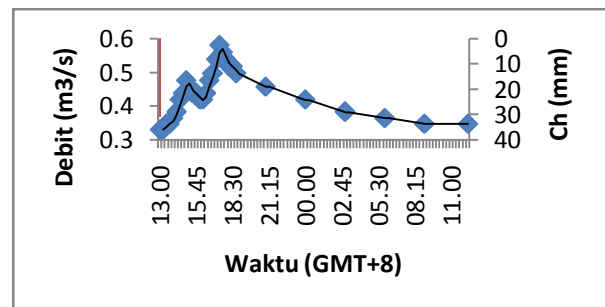
mengakibatkan ketinggian muka air bertambah.

Dengan menggunakan persamaan *rating curve* yaitu $Q = 2,108h^{1,9144}$ selanjutnya digunakan untuk membuat hidrograf debit. Hidrograf debit disajikan dalam Gambar 4.3, Gambar 4.4 dan Gambar 4.5.



Gambar 4.3 Hidrograf Aliran Tanggal 15 April 2016

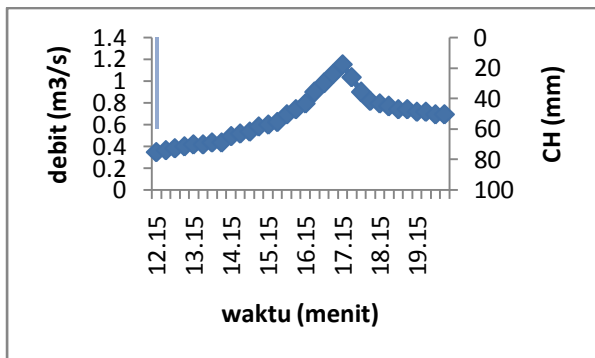
Gambar 4.3 membentuk hidrograf tunggal yang kemencengannya (*skweness*) memiliki nilai negatif. Kurva tersebut menunjukkan waktu capai puncak (*time to peak*) lebih cepat dibandingkan kurva Gambar 4.4, dan kurva Gambar 4.5, hal ini disebabkan hujan turun pada tanggal 14 April dan kondisi lahan sawah dalam penggenangan sehingga simpanan air yang terjadi sedikit, sehingga proses limpasan permukaan berlangsung cepat. Bentuk hidrograf juga dipengaruhi oleh besarnya hujan yang turun, dan bentuk DAS. Pada penelitian ini, saluran pembuangan yang diamati adalah saluran pembuangan primer yang merupakan anak-anakan sungai.



Gambar 4.4 Hidrograf Aliran Tanggal 27 April 2016

Gambar 4.4 membentuk hidrograf ganda yang kemencengannya bernilai negatif. Pengaruh kejadian hujan yang turun terputus menyebabkan hidrograf yang terbentuk adalah

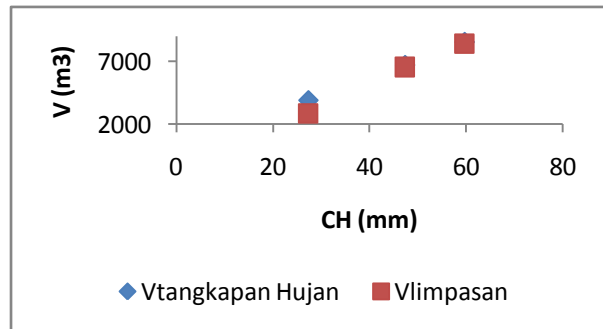
ganda. Hujan turun selama 1 jam 15 menit kemudian reda dan berhenti lalu hujan kembali. Pengukuran curah hujan pada penelitian ini dilakukan hanya sekali sehari, tidak dilakukan secara berkala yaitu perjaman. Hidrograf ini menunjukkan waktu capai puncak (*time to peak*) lebih cepat dibandingkan hidrograf Gambar 4.5, hal ini disebabkan kondisi lahan sawah masih dalam tahap penggenangan, sehingga simpanan air yang terjadi sedikit.



Gambar 4.5 Hidrograf Aliran Tanggal 28 April 2016

Gambar 4.5 membentuk hidrograf tunggal dengan kemencengan bernilai positif. Waktu capai puncak hidrograf ini lebih lambat dari hidrograf sebelumnya (Gambar 4.3 dan Gambar 4.4). Hal ini disebabkan pada saat pengambilan data proses pembajakan pada lahan sawah telah dimulai sehingga menyebabkan limpasan permukaan menjadi lambat. Baik hidrograf pertama, kedua, ketiga mengalami perubahan karakteristik dimana waktu puncak (*time to peak*) aliran a yaitu 3 jam 45 menit dengan debit puncak $0,924 \text{ m}^3/\text{s}$ dan waktu capai puncak b adalah 3 jam 30 menit dengan debit puncak $0,58 \text{ m}^3/\text{s}$. Hidrograf c memiliki waktu capai puncak 4 jam dengan debit puncak $1,154 \text{ m}^3/\text{s}$.

Besar volume limpasan yang dilewatkan oleh saluran pembuang untuk hidrograf a adalah $6521,58 \text{ m}^3$, untuk hidrograf b besar volume limpasan yaitu $2817,722 \text{ m}^3$, dan hidrograf c besar volume limpasan $8400,673 \text{ m}^3$. Volume tangkapan hujan pada pengukuran pertama sebesar $6721,753 \text{ m}^3$, pengukuran kedua $3882,036 \text{ m}^3$, dan pengukuran ketiga $8537,108 \text{ m}^3$.



Gambar 4.6. Perbandingan Volume Limpasan dan Tangkapan Hujan

Pada penelitian ini tidak dilakukan pengamatan terjadinya genangan atau perubahan tinggi muka air pada lahan sawah ketika hujan turun. Pada gambar 4.5 menunjukkan volume tangkapan hujan lebih besar dibandingkan volume limpasan hidrograf. Persentase perbandingan volume limpasan dengan volume tangkapan hujan pertama, kedua, dan ketiga adalah 72%, 97%, dan 98%, hal ini menunjukkan bahwa simpanan air yang terjadi sedikit. Simpanan air yang sedikit disebabkan lahan sawah saat melakukan pengambilan data dalam keadaan penggenangan. Hal ini sesuai pendapat Asdak (2014) bahwa ada bagian air hujan yang masuk ke dalam tanah atau telah jenuh, air tersebut keluar ke permukaan tanah lagi dan mengalir ke bagian yang lebih rendah.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis serta uraian yang dikemukakan pada bab sebelumnya, maka dapat disimpulkan:

1. Pola analisis *flow direction* DEM dan hasil *survey* memiliki perbedaan. Bentuk pola aliran hasil *survey* adalah pola denritik dengan mengarah ke sebelah barat sedangkan pola analisis *flow direction* DEM adalah denritik mengarah ke utara.
2. Besarnya debit maksimum yang dapat ditampung saluran pembuangan adalah $4,237 \text{ m}^3/\text{s}$.

Saran

Data DEM dapat digunakan sebagai acuan dalam memetakan pola aliran air. Namun untuk penelitian pola aliran air yang detail pada lahan persawahan, sebaiknya dilakukan *survey* langsung. Hal ini dimaksud untuk memperoleh pola aliran yang akurat sesuai kondisi lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Acmad, Mahmud . 2011. *Buku Ajar Hidrologi Teknik*. Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Agus, Indra. 2011. *Perbandingan Hidrograf Satuan Teoritis Terhadap Hidrograf Satuan Observasi DAS Ciliwung Hulu*. Teknik Sipil. Politeknik Negeri Padang.
- Amri, Mutmainnah. 2013. *4 Kecamatan MarosBanjir*.<http://makassar.tribunnews.com/2013/01/02/22-rumah-warga-maros-terisolir-akibat-banjir> Akses tanggal 11 Maret 2016.
- Anggraeni, Nimas Ayu., Very Dermawan., Endang Purwati. 2015. *Analisis Efektifitas Penambahan Kapasitas Pintu Air Manngarai Untuk Pengendalian Banjir di Wilayah Sungai Ciliwung*. Jurnal Teknik Pengairan Vol6 No1. Univeristas Brawijaya. Malang.
- Anonim^a. 2008. *Irigasi*. <https://surososipil.files.wordpress.com/2008/09/irigasi1-bab-2-jaringan-irigasi.pdf> Akses tanggal 5 Maret 2016.
- Anonim^b. 2014. *Lengkung Aliran Debit*. <http://www.scribd.com/doc/24922506110-Lengkung-Debit-Suspensi-ppt#scribd> Akses tanggal 11 Maret 2016.
- Arief, L Nugraha. 2013. *Kajian Pemanfaatan DEM SRTM & Google Earth Untuk Parameter Penilaian Potensi Kerugian Ekonomi Akibat Banjir ROB*. Jurnal Teknik Vol. 34 No.3. Univeritas Diponegoro. Semarang.
- Asdak, C., 2014. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. UGM-Perss. Yogyakarta.
- Darlina, Rizka. 2009. *Evaluasi Sistem Drainase Pada Daerah Irigasi Ular Di Kawasan Singosari Kabupaten Serdang Bedagai*. Fakultas Pertanian. Universitas Sumatera Utara.
- Finawan, Aidi., Arief Mardiyanto. 2011. *Pengukuran Debit Air Berbasis Mikrokontroler AT89S51*. Jurnal Litek Vol 8 No.1. Politeknik Lhokseumawe. Lhokseumawe.
- Hansen, V. E., O.W. Israelsan., G.E. Stringham. 1992. *Dasar-dasar dan Praktek Irigasi*. Erlangga. Jakarta.
- Haryono, A., Firman Erdianto. 2008. *Tugas Akhir Perencanaan Jaringan Drainase Sub Sistem Bandarharjo Barat*. Fakultas Teknik. Universitas Dipenogoro. Semarang.
- Kalsim, Dedi Kusnadi. 2015. *Bahan Ajar Drainase Permukaan*. Fakultas Teknologi Pertanian. IPB. Bogor
- Mahmudi. 2014. *Analisis Ketelitian DEM ASTER GDEM, SRTM, Dan Lidar Untuk Identifikasi Area Pertanian Tebu Berdasarkan Parameter Kelerengan*. Universitas Dipenogoro. Semarang.
- Novianti, Paharuddin, Sakka. 2015. *Analisis Zona Risiko Bencana Banjir Bandang Di Kabupaten Maros Menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG)*.Univeritas Hasanuddin. Makassar.
- Purba, Mahardika Putra. 2009. *Skripsi Besar Aliran Permukaan (Run-Off) Pada Berbagai Tipe Kelerengan Dibawah Tegakan Eucalyptus spp*. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Rahayu, Subekti., Rudi Harto Widodo., Meine Van Noordwijk., Indra Suryadi., Bruno Verbist. 2009. *Monitoring Air Di Daerah Aliran Sungai*. World Agroforestry Center ICRAF Asia Tenggara. Bogor.
- Rosyita, Anna, dan M. Taufik. 2011. *Seminar Nasional Studi Analisa Banjir Dengan Menggunakan Teknologi SIG Kabupaten Bojonegoro*. Teknik Sipil. Institut Teknologi Surabaya. Surabaya.
- Triadmodjo, Bambang. 2009. *Hidrologi Terapan*. Beta Offset. Yogyakarta.
- Trisakti, Bambang., Kuncoro Teguh., Susanto. 2008. *Kajian Distribusi*

Spasial Debit Aliran Sungai (DAS)
Berbasis Data Satelit Penginderaan
Jauh. Jurnal Penginderaan Jauh Vol. 5.
LAPAN.

Santiago, dan Moch Taufan B. 2014. Grafik
Hubungan Daya Listrik Dengan Biaya
Konstruksi Sipil Pada Sungai
Wotunohu Kabupaten Kolaka Utara
Sulawesi Tenggara. Universitas
Hasanuddin. Makassar.

Zarkasih, Agung., Tri Praseno 2013.
Perencanaan Saluran Drainase
Perumahan Graha Bukit Reflesia
Palembang. Teknik Sipil. Politeknik
Negeri Sriwijaya. Palembang.